

Mesure de la pollution plombifère dans l'air ambiant d'Alger

Measurement of lead pollution in the ambient air of Algiers

Menouer BOUGHEDAOU^{*}, Rabah KERBACHI^{**}, Djamel KESSALI^{**}, Robert JOUMARD^{***}

Résumé

L'étude porte sur la contamination de l'atmosphère par le plomb issu du trafic routier aux niveaux de trois sites de l'agglomération du Grand Alger. On montre qu'à Alger le trafic routier est à l'origine de l'émission de plus de 170 t de plomb annuellement. Il en résulte en milieu urbain des teneurs excessives en plomb qui s'élèvent en moyenne à plus de $0,6 \mu\text{g.m}^{-3}$. La valeur guide de l'OMS (moyenne annuelle de $0,5 \mu\text{g.m}^{-3}$) est fréquemment dépassée.

Les facteurs d'enrichissement de l'atmosphère en plomb sont très élevés (jusqu'à 8 900) et, dans les particules totales en suspension, la fraction massique du plomb varie de 0,5 à 1 %. Au niveau des stations d'essence où l'évaporation des carburants est très importante, le plomb atteint des teneurs critiques de plus de $4 \mu\text{g.m}^{-3}$ avec une proportion élevée en plomb organique à l'état vapeur. Une comparaison des niveaux de pollution avec des villes européennes de même envergure est par ailleurs discutée.

Abstract

The study concerns atmospheric contamination by lead emitted by automotive traffic at three sites in the agglomeration of Greater Algiers. We show that automotive traffic in Algiers is the source of more than 170 tons of lead annually. Consequently, the urban area has an excessive air content of lead reaching mean values as high as $0.6 \mu\text{g.m}^{-3}$. The WHO guideline value (annual average of $0.5 \mu\text{g.m}^{-3}$) is frequently exceeded. The enrichment factors of the atmosphere in lead are very high (up to 8 900).

The mass fraction of lead in the total suspended particulates varies from 0.5 to 1%. At gasoline stations where hydrocarbon evaporation is very important, the lead content reaches the critical value of more than $4 \mu\text{g.m}^{-3}$ with a high proportion of organic lead in the vapour state. A comparison of the pollution levels with some European towns of the same size are discussed.

^{*} Université de Blida. Département de Chimie Industrielle, BP 270, 09000 Blida, Algérie.

^{**} École Nationale Polytechnique. 10, avenue Hassan Badi, El Harrach, 16200 Alger, Algérie.

^{***} INRETS, LTE. 25, avenue François Mitterrand, 69675 Bron, France.

Introduction

Depuis leur découverte en 1921, les composés tétra-alkyle de plomb ont été jusqu'à ces dernières années des additifs indispensables aux carburants normal et super. Ajoutés à des teneurs allant jusqu'à 0,6 g.l⁻¹, ils améliorent, par leur pouvoir antidétonant, le rendement des moteurs. Après combustion, 70 à 80 % du plomb présent dans l'essence sont émis dans l'environnement sous forme de particules fines [1]. Ces dernières viennent enrichir les particules totales en suspension (TSP) en plomb minéral. L'air ambiant peut contenir aussi du plomb organique issu de l'évaporation de l'essence à partir des réservoirs, des carburateurs encore chauds après arrêt du moteur et surtout des activités de distribution d'essence en station-service. C'est alors surtout en milieu urbain où le trafic routier est très dense et en certains sites spécifiques (parkings souterrains, stations d'essence), qu'on rencontre les niveaux de contamination les plus élevés.

Comme le plomb inhalé se fixe dans les alvéoles pulmonaires et passe dans le sang, certains auteurs [2, 3] ont mis en évidence des corrélations entre le plomb du sang et le plomb de l'air. La relation linéaire (équation 1) est dans ce contexte souvent citée dans la littérature [3].

$$[Pb]_{\text{sang}} = 1,216 [Pb]_{\text{air}} + 15,65 \quad (1)$$

avec : $[Pb]_{\text{sang}}$ en $\mu\text{g.dl}^{-1}$

$[Pb]_{\text{air}}$ en $\mu\text{g.m}^{-3}$

Si dans les pays développés la généralisation de l'utilisation de carburants non plombés a entraîné une nette réduction de la pollution plombifère, ce n'est pas le cas de l'Algérie où l'essence sans plomb vient juste de faire une timide apparition sur le marché.

L'Algérien, qui par tradition passe beaucoup de temps à l'extérieur des locaux et au bord des grandes artères, subit non seulement les effets de la pollution photochimique [4] mais serait aussi particulièrement exposé à la pollution par le plomb.

Devant l'absence de toute étude antérieure portant sur cette forme de pollution en Algérie, nous avons, dans le cadre d'un vaste programme de recherche portant sur la pollution issue du trafic routier, étudié l'ampleur du problème et déterminé les niveaux de contamination par le plomb atmosphérique en divers sites de l'agglomération d'Alger.

Méthodologie

Sites et modes de prélèvement

Le plomb minéral en suspension dans l'air a été étudié au niveau de deux sites. Le premier site est localisé sur le boulevard Colonel Amirouche en plein centre-ville d'Alger. Ce site se caractérise par un intense trafic routier (environ 12 000 à 15 000 véhicules par jour) et une forte population de passage et de riverains. Le poste de mesure est implanté à 3 m du bord de la chaussée et à 8 m de hauteur par rapport au sol. Le second site se trouve à l'École

nationale polytechnique (ENP) en périphérie de la ville à environ 10 km au sud-est d'Alger. Sur ce site, le poste de mesure est implanté à 10 m du bord de la route nationale n° 5 (RN5) et à une hauteur de 4 m. Comme pour le premier site, il s'agit là aussi d'un site de proximité qui est exposé à un important trafic routier mais qui connaît toutefois une bonne ventilation naturelle (site dégagé et exposé à la brise de mer).

Pour l'étude du plomb organique, nous avons retenu le site d'une station-service de distribution d'essence Naftal (Société nationale de distribution de carburant en Algérie) donnant sur la route nationale n° 5 et se trouvant à quelque 200 m à l'est du site ENP. À cette station-service, le poste de mesure est implanté à environ 6 m en retrait des quatre pompes de distribution d'essence que compte la station. La figure 1 illustre la localisation des trois sites sur la carte d'Alger.

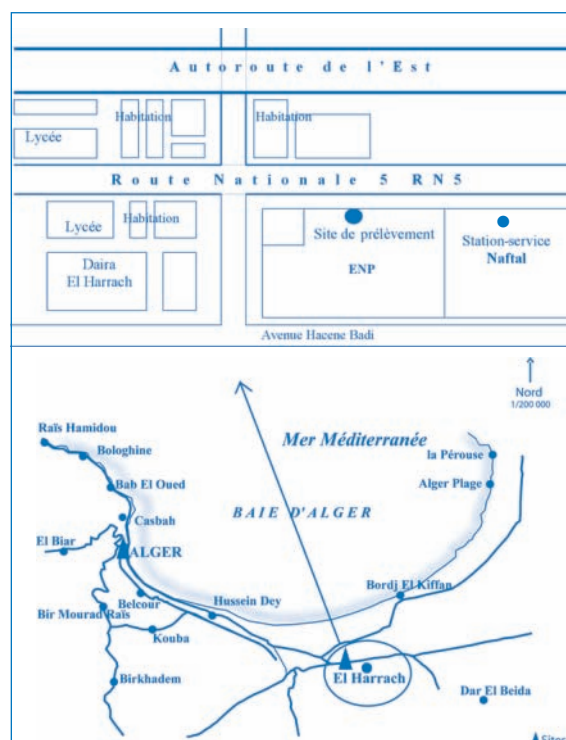


Figure 1.
Plan des sites de mesures.
Map of sampling sites.

Les particules totales en suspension (TSP) qui véhiculent le plomb minéral sont collectées sur des filtres en fibres de verre (Whatman GF/F, diamètre : 47 mm) fixés à un porte filtre Millipore. Avec une telle tête de prélèvement, le diamètre de coupure est estimé à 15-18 μm . La durée de prélèvement est de 24 heures et le débit d'aspiration est fixé à 2 m³/h.

Pour le prélèvement du plomb organique, l'air aspiré à un débit de 7 l.min⁻¹, après rétention des particules sur filtre membrane en nitrocellulose (MSI, diamètre : 47 mm, porosité 0,45 μm), barbote dans deux flacons laveurs placés en série et contenant chacun 10 ml de solution absorbante d'iode 0,2N. Dans ces conditions le tétraéthyle de plomb est

rapidement décomposé en Pb^{2+} [5]. La durée d'échantillonnage est de six heures.

Méthode d'analyse

Après prélèvement et pour éviter toute contamination extérieure, les échantillons sont conservés jusqu'à leur traitement et analyse dans des boîtes de Petri. Le dosage des particules de plomb minéral recueillies sur filtre est effectué par spectrométrie d'absorption atomique (Phillips) après une double minéralisation des TSP dans 10 ml de HNO_3 , 2N (supra-pur Merck) en présence de quelques gouttes de $HClO_4$. Des filtres vierges issus du même lot ayant servi à l'échantillonnage ont subi la même procédure de traitement et d'analyse. Avec cette méthode et au débit d'air fixé, la limite de détection est de l'ordre de 10 ng.m^{-3} .

Les vapeurs de plomb organique absorbées par la solution d'iode sont dosées par la méthode à la dithizone. En milieu chloroformique, il y a formation

d'un dithizonate rouge qu'on mesure par spectrophotométrie à $\lambda = 520 \text{ nm}$ [5, 6]. Le brome, qui est toujours associé aux additifs plombés, constitue aussi un indicateur de la pollution plombifère issue du trafic routier. Il se retrouve ainsi dans les gaz d'échappement sous forme de $PbBrCl$ qui a été analysé dans certains échantillons directement sur filtre par la méthode d'analyse par activation neutronique instrumentale (INAA). La même méthode a été utilisée pour le dosage du scandium pris comme référence. Signalons enfin qu'à l'inverse du Pb qui est dosé dans la semaine suivant l'échantillonnage, le Br n'a pu être analysé qu'environ deux mois après prélèvement.

Résultats et discussion

Le plomb en sites de proximité

Au niveau du site d'Alger-Centre le prélèvement des TSP a porté sur les périodes allant de mars à mai

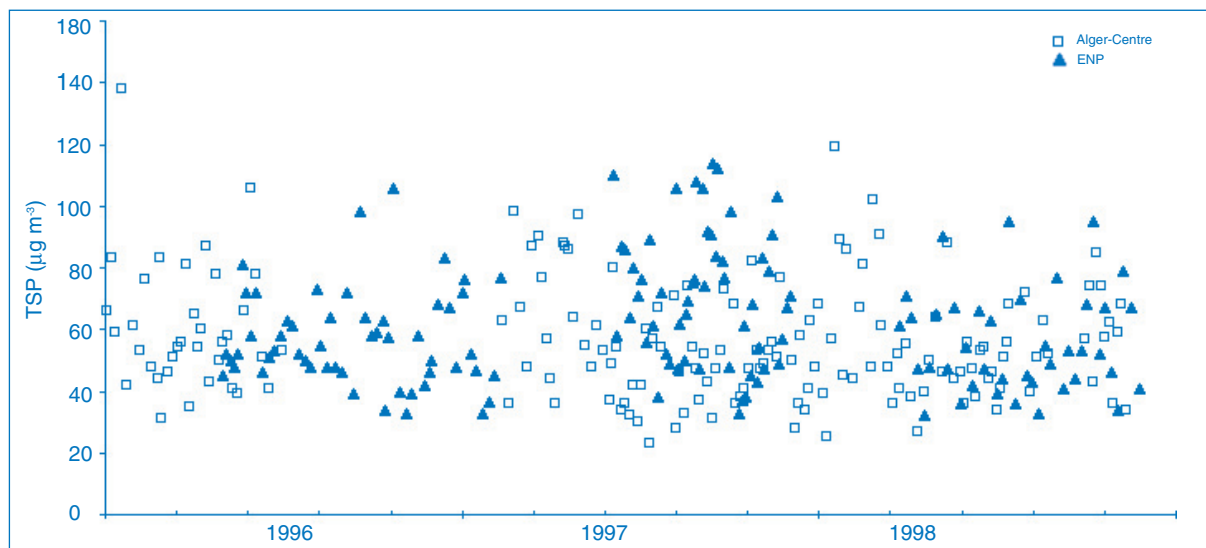


Figure 2.
Variations temporelles des teneurs en TSP à Alger.
Temporal variation of TSP levels in Algiers.

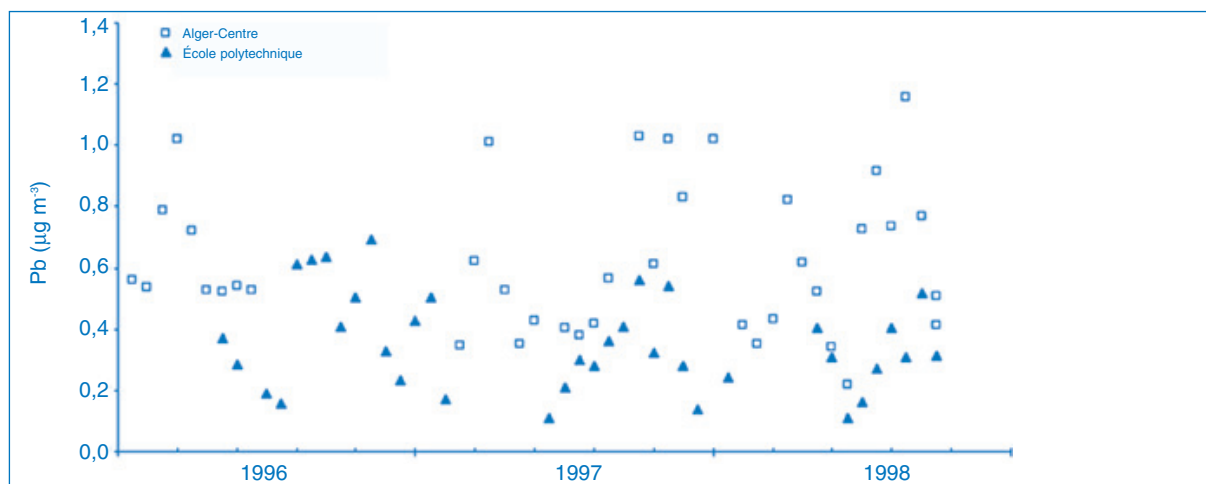


Figure 3.
Variations des teneurs atmosphériques de plomb à Alger.
Lead levels variation in Algiers atmosphere.

1996, de janvier à juillet 1997 et de mars à juin 1998. Sur le site ENP, les campagnes de mesures se sont étalées de mai à décembre 1996, de mars à mai 1997 et de mars à juin 1998. Sur l'ensemble de ces prélèvements, le plomb minéral a été dosé dans plus de 70 échantillons. Les résultats obtenus montrent qu'il existe au niveau de chaque site une importante variation temporelle des teneurs atmosphériques en TSP et en Pb (Figures 2 et 3). Ces fluctuations sont dues aussi bien à l'influence des facteurs météorologiques qu'à celle du trafic routier.

À Alger-Centre la teneur journalière en plomb varie de 0,22 à 1,16 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Les teneurs les plus basses sont en général enregistrées le vendredi, jour de week-end en Algérie. La moyenne sur les trois campagnes de mesures s'élève à 0,62 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Au niveau du site de périphérie, les teneurs en plomb sont moindres, elles varient de 0,11 à 0,69 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Le tableau 1 résume pour les deux sites les teneurs moyennes en TSP et en Pb, les teneurs extrêmes ainsi que les fractions massiques correspondantes.

Tableau 1.
Teneurs atmosphériques en TSP et en Pb.
Atmospheric levels of TSP and lead.

Sites		Alger-Centre	ENP
TSP ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Minimum	23	32
	Maximum	138	114
	Moyenne	59	65
	Écart type	20	21
Pb ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	Minimum	0,22	0,11
	Maximum	1,16	0,69
	Moyenne	0,62	0,36
	Écart type	0,25	0,21
Fraction massique de Pb (%)	Minimum	0,6	0,2
	Maximum	1,4	1,1
	Moyenne	1,0	0,5
	Écart type	0,3	0,25
Facteur d'enrichissement en Pb	Minimum	2 752	840
	Maximum	8 912	4 839
	Moyenne	4 900	1 750

Bien que les échantillonnages sur les deux sites ne se recouvrent dans le temps que partiellement, on constate qu'il se dégage une nette différence entre les niveaux de pollution atteints par le plomb aux deux sites. À Alger-Centre les teneurs sont presque deux fois plus élevées qu'au niveau du site ENP et ce malgré l'exposition de ce second poste de mesure à un trafic routier plus intense (route nationale à quatre voies). Ceci s'explique d'une part par le fait que le site du boulevard Colonel Amirouche est implanté dans une rue de type « canyon » où l'accumulation des polluants est favorisée, alors que le second site est très aéré ; d'autre part l'intense trafic routier du site ENP comprend une part importante de poids lourds diesel (environ 20 %) qui ne contribuent pas à l'émis-

sion de plomb. Il s'agit de transport de voyageurs à longue distance et de poids lourds en provenance ou à destination du port d'Alger. Par ailleurs, un échantillonnage effectué à une même hauteur de 4 m aurait sans doute donné pour Alger-Centre des teneurs légèrement plus élevées que celles observées dans cette étude. En effet, une étude similaire avec un prélèvement à différentes hauteurs a montré que les teneurs en Pb augmentent d'environ 15 % lorsque la hauteur diminue de 2 m [7].

Cette pollution plombifère est véhiculée par des TSP qui, pour les deux sites, sont en moyenne du même ordre de grandeur (Tableau 1). La légère différence qu'on relève entre les deux moyennes est due aux fluctuations d'échantillonnage. L'application du test statistique de significativité [8] aux deux séries de mesures montre que même au seuil de probabilité de 5 %, la différence observée n'est pas, du point de vue statistique, significative. L'étude de la fraction de plomb contenue dans les TSP montre que les particules d'Alger-Centre en sont plus riches. En effet, à Alger-Centre le plomb contribue à environ 1 % de la masse totale des particules prélevées ; il ne participe plus qu'à hauteur de 0,5 % au niveau du site ENP (Tableau 1). En ce qui concerne les teneurs en brome mesurées sur 12 échantillons, on enregistre une tendance similaire (Tableau 2).

Tableau 2.
Teneurs moyennes en Br et rapport Pb/Br.
Average levels of Br and Pb/Br ratio.

Sites	Alger-Centre	ENP
Teneur moyenne en Br ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	0,17	0,10
Pb/Br	3,6	3,7

Le rapport Pb/Br est assez homogène quel que soit le site étudié. En milieu urbain, ce rapport s'élève en général à 2,7 [9]. Certains auteurs déterminent des rapports supérieurs à 5 qu'ils expliquent par la perte de brome par volatilisation lorsque l'analyse n'est pas effectuée assez rapidement après le prélèvement [10]. Dans notre cas, où le brome a été analysé plusieurs semaines après prélèvement, une volatilisation partielle ne serait pas à exclure.

Globalement l'étude montre que sur le site d'Alger-Centre qui est représentatif des principales artères de la ville d'Alger, les teneurs en plomb sont excessives. Par rapport aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui fixe comme seuil une moyenne annuelle de 0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ [11], on constate qu'à Alger-Centre, la limite tolérée est fréquemment dépassée. On relève ainsi, dans 65 % des prélèvements analysés, des teneurs en plomb atmosphérique supérieures à 0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$. Par ailleurs, les teneurs mesurées sont en deçà de la norme de 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ qui était en vigueur dans les pays de l'Union européenne.

En comparaison, dans les prélèvements effectués en parallèle en milieu rural où le trafic routier est très

Tableau 3.
Évolution des teneurs atmosphériques en plomb (en $\mu\text{g.m}^{-3}$).
Atmospheric levels variation of lead (in $\mu\text{g.m}^{-3}$).

Années	Marseille*	Lille*	Alger-Centre
1984 (essence à 0,4 g.l ⁻¹ Pb)	1,70	1,40	–
1989 (essence à 0,25 g.l ⁻¹ Pb et essence non plombée)	0,50	0,52	–
1995 (essence à 0,15 g.l ⁻¹ de Pb et essence non plombée)	0,35	0,15	–
1996 –	0,24	0,14	–
1997 –	0,21	0,11	–
1998 –	–	0,08	0,62 (urbain)* 0,35 (semi-rural)*

+ Moyenne annuelle en station urbaine trafic.

* Moyenne sur la période de l'étude.

faible, les teneurs en plomb ne s'élèvent plus qu'au dixième de celles mesurées à Alger, soit 0,03 à 0,07 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Cette forte pollution plombifère en milieu urbain est par ailleurs mise en évidence par le calcul des facteurs d'enrichissement (Tableau 1). En prenant le scandium de la croûte terrestre comme référence [12], on obtient pour Alger-Centre un facteur d'enrichissement moyen de 4 900 qui atteint ponctuellement un maximum de 8 900. Au site ENP, l'enrichissement moyen est certes plus faible, mais demeure toujours très élevé (en moyenne 1 750).

Ainsi, en Algérie, les carburants consommés par le trafic routier sont à l'origine d'une importante pollution plombifère. Pour les deux millions de véhicules (Office national des statistiques – ONS, Alger) roulant à l'essence [13], la consommation en carburant s'est élevée en 1996 à 438 000 m³ de super et 2 380 000 m³ de normal, soit au total 2 818 000 m³ d'essence plombée [14].

En comptabilisant un minimum de 0,4 g.l⁻¹ de plomb (certaines raffineries utilisent ponctuellement jusqu'à 0,7 g.l⁻¹ pour corriger la teneur en aromatiques) et avec un taux d'émission de 75 %, la quantité de plomb émise annuellement s'élève à environ 845 tonnes. L'agglomération du Grand Alger qui compte le quart du parc automobile national dont la consommation s'élève à 20 % du volume global de carburant, reçoit ainsi une charge polluante d'environ 170 tonnes de plomb. La dispersion de cette pollution et sa dilution en milieu urbain entraînent en site de proximité des teneurs atmosphériques allant de 0,6 à 1,1 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

Il est intéressant de comparer ces niveaux de pollution à ceux prévalant anciennement dans d'autres villes européennes : en 1987, les moyennes annuelles de plomb s'élevaient à Amsterdam à 0,2 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à Bruxelles à 0,6 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à Athènes à 0,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$, à Barcelone à 1,7 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et à Lyon à 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ [15]. Les teneurs observées à Alger s'insèrent ainsi dans la gamme des teneurs mesurées il y a quelques années dans ces villes. Il faut cependant retenir qu'ailleurs la situation s'est inversée et tend vers l'émission « zéro »

en plomb, alors qu'en Algérie elle ne cesse de croître. L'exemple que nous présentons dans le tableau 3 est à ce titre très explicite.

Ce tableau montre clairement que les niveaux actuels mesurés à Alger-Centre sont équivalents à ceux relevés il y a une dizaine d'années à Marseille ou Lille [16-19] avant l'introduction de l'essence sans plomb et l'utilisation des pots catalytiques. Aussi, et pour réduire l'ampleur de cette pollution, il y a lieu de généraliser sur le marché algérien l'offre de l'essence non plombée. Cette mesure devrait être accompagnée d'une réglementation stricte qui n'autoriserait que l'importation de véhicules dotés de pots catalytiques. En 1999, la majorité des véhicules neufs importés, soit plus de 50 000 véhicules, n'était pas équipée de systèmes catalytiques.

Le plomb organique et minéral au niveau d'une station d'essence

Les résultats relatifs à l'étude du plomb organique et minéral effectuée à la station-service Naftal durant un mois, sont résumés dans le tableau 4. On relève qu'en ce site spécifique le plomb sous ses deux formes organique et minérale atteint des niveaux très élevés. Le plomb organique, qui en milieu urbain est généralement très faible, moins de 1 % du plomb minéral [20], accuse ici une teneur moyenne de

Tableau 4.
Teneurs en plomb organique et minéral mesurées à une station d'essence (avril 1997).
Organic and mineral lead levels measured at a gasoline station (April 1997).

Paramètres	Valeurs moyennes	Valeurs min.	Valeurs max.
Pb _{organique} ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	0,6	0,5	0,8
Pb _{minéral} ($\mu\text{g.m}^{-3}$)	4,3	3,9	5,1
Pb _{organique} /Pb _{total} (%)	12 %	11 %	14 %

l'ordre de $0,60 \mu\text{g.m}^{-3}$, ce qui représente 13 % du plomb total. Avec une teneur moyenne de $4,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, le plomb minéral est alors 6 à 7 fois plus élevé que dans l'air ambiant d'Alger-Centre. Des teneurs aussi élevées en plomb organique semblent être caractéristiques pour de tels sites. C'est ainsi que des études effectuées à Londres au niveau d'une station d'essence révèlent des teneurs de $0,59 \mu\text{g.m}^{-3}$ de plomb organique et $5,5 \mu\text{g.m}^{-3}$ de plomb minéral avec une fraction organique de 9,6 % du plomb total [20]. Des teneurs similaires sont mesurées à Stockholm où le plomb organique constitue plus de 10 % [21]. Des études effectuées en parking souterrain révèlent une teneur en plomb total de $11,7 \mu\text{g.m}^{-3}$ dont 16,7 % de plomb organique [22].

En ce qui concerne les stations-service Naftal en Algérie, les fortes émissions de plomb sont issues des activités liées au ravitaillement des véhicules. On y constate :

- une évaporation d'essence durant le remplissage des réservoirs ;
- des pertes par égouttement et déversements très fréquents de l'essence sur le sol, qui finit par s'évaporer ;
- une absence de récupération des vapeurs sur le pistolet distributeur ;
- un débit faible des pompes de distribution, ce qui engendre de longues périodes de remplissage et donc une évaporation plus conséquente.

En période de chaleur, la conjugaison de tous ces facteurs mène alors à une forte contamination de l'atmosphère locale aussi bien en plomb qu'en hydrocarbures. Bien que les teneurs mesurées soient fortement localisées, il faut s'attendre à plus ou moins long terme à des effets néfastes sur un nombre important de personnes travaillant sur ces sites ou vivant dans leur proximité immédiate.

En Algérie, on estime à environ 20 000 le nombre de personnes travaillant sur les quelque 2 000 stations de distribution d'essence du pays. D'après l'équation (1), la plombémie de ces sujets serait, par rapport à la moyenne urbaine, accrue de 5 à $6 \mu\text{g.dl}^{-1}$ de sang. Le personnel, insuffisamment sensibilisé aux risques d'exposition et nuisances engendrés par les vapeurs d'hydrocarbures, est en partie à l'origine de cette pollution (déversement de carburant par manque d'attention et par manipulation précipitée).

Ainsi, même avec l'introduction de l'essence non plombée, une sensibilisation de ce personnel est nécessaire pour réduire la pollution par les hydrocarbures qui sont non seulement des précurseurs de l'ozone photochimique mais contiennent aussi du benzène qui est cancérigène.

Conclusion

L'étude du plomb minéral véhiculé par les particules totales en suspension dans l'agglomération d'Alger a révélé que le trafic routier est à l'origine d'une importante pollution plombifère. En centre-ville, dans les rues de type « canyon », les teneurs en

plomb atmosphérique s'élèvent en moyenne à plus de $0,6 \mu\text{g.m}^{-3}$ avec des maximums de l'ordre de $1 \mu\text{g.m}^{-3}$ dépassant largement les recommandations de l'OMS. Sur de tels sites, les émissions du trafic routier engendrent une pollution particulaire très riche en plomb : 1 % de la masse des particules est constitué de plomb minéral. Il en résulte alors des facteurs d'enrichissement très élevés de l'ordre de 3 000 à 9 000.

En périphérie, sur les sites qui connaissent une bonne ventilation naturelle, cette pollution est pratiquement réduite de moitié.

En Algérie, où l'utilisation de l'essence sans plomb est encore insignifiante, les volumes de carburants consommés rejettent dans l'atmosphère annuellement plus de 800 tonnes de plomb. L'agglomération d'Alger en reçoit le cinquième, soit environ 170 tonnes annuelles. Une comparaison avec des villes françaises de même envergure comme Marseille ou Lille montre qu'actuellement Alger accuse des niveaux de pollution qui sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés dans ces villes il y a une dizaine d'années avant l'introduction de l'essence non plombée. Sur les sites spécifiques comme les stations-service, les diverses manipulations du carburant émettent dans l'atmosphère locale des quantités importantes de plomb organique et minéral. La teneur en plomb totale s'élève à environ $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ dont une proportion de 13 % de plomb organique à l'état vapeur. Ainsi, une réduction ou au moins un maintien au niveau actuel de la pollution plombifère passe par une meilleure disponibilité de l'essence sans plomb et ce au moins pour les véhicules dotés d'un pot catalytique.

L'alternative consiste à encourager plus la bicarburant essence-GPL qui existe déjà depuis 1983 et qui, ces dernières années, avec une conversion de quelque 4 000 véhicules/an, connaît un certain regain d'intérêt.

Remerciements

Nous tenons à remercier M. Claude Ronneau, Professeur à la faculté de chimie, de l'Université catholique de Louvain-la-Neuve (Belgique) pour les analyses effectuées par activation neutronique instrumentale (INAA).

Mots clés

Plomb. Particules totales en suspension, TSP. Pollution air. Trafic routier. Milieu urbain. Alger.

Keywords

Lead. Total suspended particulates, TSP. Pollution air. Automotive traffic. Urban area. Algiers.

Références

1. Guibet JC. Carburants et moteurs. Édition Technip, Paris 1987 ; 1, 2.
2. Snee RD, Bailey SP, Fellner WH, Pfeiffer CG. Variation on the relationship between blood lead and air lead. *Atmos Environ* 1985 ; 19 (6) : 1017-20.
3. Colombo A. The underdefined nature of the blood lead-air lead relationship from biological and statistical grounds. *Atmos Environ* 1985 ; 19 (9) : 1485-93.
4. Kerbachi R, Boughedaoui M, Koutai N, Lakki T. La pollution par les oxydes d'azote et l'ozone à Alger. *Pollution Atmosphérique* 1998 ; 158 : 89-101.
5. Henderson SR, Snyder LJ. Rapid spectrophotometric determination of triethyllead, diethyllead and inorganic lead ions, and application to the determination of tetraorganolead compounds. *Anal Chem* 1961 ; 33 (9) : 1172-5.
6. Moss R, Browett EV. Determination of tetraethyllead vapour and inorganic lead dust in air. *Analyst* 1966 ; 91 : 428-38.
7. Gally N, Richter P, Sepetjan M. Pollution ambiante extérieure urbaine. *Pollution Atmosphérique*, janvier-mars 1991 : 11-9.
8. Geller S. Abrégé de statistique, 3^e édition. Édition Masson, Paris 1979.
9. Harrison RM, Sturges WT. The measurement and interpretation of Br/Pb ratios in airborne particles. *Atmos Environ* 1983 ; 17 : 311-28.
10. Hien PD, Binh NT, Ngo NT, Truong Y, Han N. Monitoring lead in suspended air particulate matter in Ho Chi Minh City. *Atmos Environ* 1997 ; 31 (7) : 1073-6.
11. WHO. Updating and revision of the Air Quality Guidelines for Europe, "Classical" air pollutants EUR/ICP/EHAZ 94 05/PB01. Regional office for Europe, World Health Organization, Copenhagen 1995.
12. Masson B. Principles of Geochemistry. 3rd Edition. John Wiley, New York 1966.
13. ONS. Données statistiques, parc national automobile. Alger 1996 ; 25.
14. Djellout A. Communication personnelle. Naftal, Direction générale, Alger 1997.
15. Olivier, JP, Vidal JP, Stroebel R. Surveillance du plomb particulaire atmosphérique en sites urbains. *Pollution Atmosphérique*, janvier-mars 1990 : 31-7.
16. Grimaldi F, Bascou H, Viala A. Action du Comité Marseille-Provence de l'APPA en matière d'étude des polluants métalliques de l'atmosphère. *Pollution Atmosphérique* 1993 ; 139 : 98-103.
17. Thomas P, Voisin C, Merdy C. Huit années de mesure des métaux lourds dans l'atmosphère de l'agglomération lilloise. *Pollution Atmosphérique*. 1993 ; 139 : 89-97.
18. ADEME. La qualité de l'air en France en 1995-1996. Édition ADEME, Paris 1998.
19. ADEME. Observatoires et réseaux de mesure, BDQA, Paris 2001.
20. Harrison RM, Perry R, Slater DH. An adsorption technique for the determination of organic lead in street air. *Atmos Environ* 1974 ; 8 : 1187-94.
21. Laveskog A. A method for the determination of tetramethyllead (TML) and tetraethyllead (TEL) in air. Second International Clean Air Congress, Washington DC, December 1970.
22. Purdue LJ, Enrione RE, Thompson RJ, Bonfield BA. Determination of organic and total lead in the atmosphere by atomic absorption spectrometry. *Anal Chem* 1973 ; 45 (3) : 527-30.

